



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

**APRENDIZAJE PROFUNDO MEDIADO
POR REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS
DEL CONCEPTO REACCIÓN QUÍMICA EN
CONTEXTOS EDUCATIVOS DEL MUNICIPIO
DE FONSECA – LA GUAJIRA**

DEEP LEARNING MEDIATED BY SEMIOTIC
REPRESENTATIONS OF THE CONCEPT CHEMICAL
REACTION IN EDUCATIONAL CONTEXTS OF THE
MUNICIPALITY OF FONSECA – LA GUAJIRA

Jesús Mejía Salcedo
Universidad de Panamá

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21404

Aprendizaje Profundo Mediado por Representaciones Semióticas del Concepto Reacción Química en Contextos Educativos del Municipio de Fonseca – La Guajira

Jesús Mejía Salcedo¹jesus.mejia1@utp.edu.co<https://orcid.org/0009-0007-6331-6415>

Universidad de Panamá

Panamá

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue analizar la incidencia de las representaciones semióticas en el aprendizaje profundo del concepto “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca - La Guajira. Para alcanzar este objetivo, el estudio se abordó en tres etapas: inicialmente, en el ámbito problémico se hizo un recorrido por los problemas actuales en cuanto a la didáctica de las ciencias naturales y las limitaciones en el aprendizaje en cuanto al uso de las representaciones. Luego, se realizó un acercamiento con la teoría y los autores que han contribuido en la didáctica de las ciencias, el aprendizaje profundo y el uso de representaciones semióticas. A continuación, se hace referencia al diseño metodológico, el cual es de enfoque mixto y de diseño secuencial explicativo, a partir del cual, se plantean las técnicas e instrumentos de recolección de la información como cuestionarios y entrevistas. Los resultados evidencian una gran fragilidad en el uso de representaciones desde los niveles microscópico y simbólico, probablemente porque para los estudiantes ambos niveles son abstractos, ya que requieren un alto grado de inferencia y razonamiento deductivo.

Palabras clave: aprendizaje profundo, representaciones semióticas, reacción química, didáctica

¹ Autor principal

Correspondencia: jesus.mejia1@utp.edu.co

Deep Learning Mediated by Semiotic Representations of the Concept Chemical Reaction in Educational Contexts of the Municipality of Fonseca – La Guajira

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the impact of semiotic representations on the deep learning of the concept of "chemical reaction" in educational contexts in the municipality of Fonseca, La Guajira. To achieve this objective, the study was approached in three stages: initially, within the problem framework, a review was conducted of current problems in the didactics of natural sciences and the limitations in learning regarding the use of representations. Next, an examination was undertaken of the theory and authors who have contributed to science didactics, deep learning, and the use of semiotic representations. Following this, the methodological design is described, which employs a mixed-methods approach and a sequential explanatory design. Based on this design, the techniques and instruments for data collection, such as questionnaires and interviews, were developed. The results reveal a significant weakness in the use of representations at both the microscopic and symbolic levels, likely because both levels are abstract for students, requiring a high degree of inference and deductive reasoning.

Keywords: deep learning, semiotic representations, chemical reaction, didactics

Artículo recibido 20 octubre 2025

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, en particular de la química, los estudiantes se encuentran constantemente con un lenguaje fundamentado en conceptos abstractos que comprenden átomos, moléculas, fórmulas, símbolos, ecuaciones y un sinnúmero de normas y procedimientos matemáticos que podrían resultarle confusos, y que requieren un gran esfuerzo cognitivo para su comprensión; de ahí que, desde hace algunos años numerosas investigaciones se han venido realizando, con el propósito de indagar acerca de la incidencia del uso de representaciones de conceptos químicos en el aprendizaje de los estudiantes en las distintas etapas básicas.

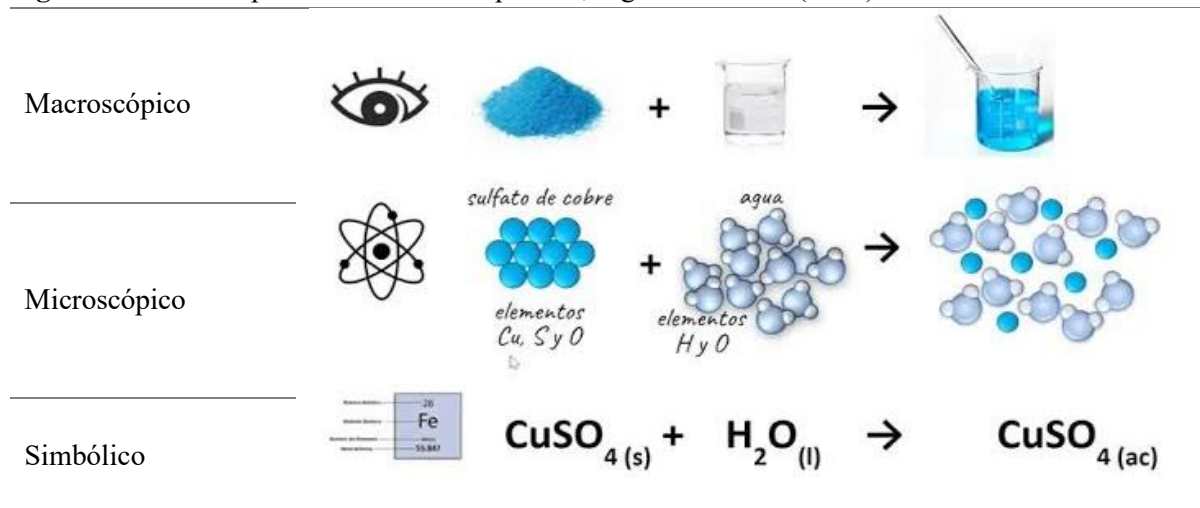
De acuerdo con algunos investigadores como Casado y Raviolo (2005) y Ordenes et al. (2014), uno de los principales obstáculos para el aprendizaje de los conceptos químicos se encuentra en la incapacidad de los estudiantes y docentes para establecer vínculos entre los tres niveles de representación del contenido, estos son: macroscópico, microscópico y simbólico (Johnstone, 1982; 1993), esta desconexión causa que los fenómenos químicos sean interpretados de manera fragmentada, lo cual obstaculiza la generación de modelos mentales coherentes en los estudiantes, que les permitan integrar lo que ven, lo que ocurre a nivel molecular y los símbolos usados para describirlo formalmente.

Por lo expuesto, es fundamental comprender que aprender no solo significa adquirir un conjunto de conocimientos de forma fraccionada y mecánica sobre un concepto en particular, en el que prima la memorización de datos, o seguir un procedimiento específico a partir de una serie de instrucciones. El aprendizaje profundo implica entender de forma profunda, estableciendo relaciones importantes entre los saberes previos y la información que debe transformarse en saber, mediante procesos de profundización y expansión (Beas, 2001).

En este sentido, uno de los conceptos que resulta más difíciles de comprender para los estudiantes de décimo grado, es el de “reacción química”, el cual representa un reto al momento de abordarlo, pues es un proceso cuya comprensión requiere reunir varios modelos y niveles de representación — macroscópico, submicroscópico y simbólico— para interpretar de manera adecuada cómo la materia se transforma durante dicho fenómeno (ver figura 1).



Figura 1. Niveles representacionales en química, según Johnstone (1982).



Nota. Adaptado por el autor.

Estas dificultades ya mencionadas, se deben a varios factores que han sido documentados en algunas investigaciones, tales como: la poca consciencia del mundo submicroscópico (átomos, moléculas, iones...); la baja o deficiente comprensión de los modelos propios de la química, los cuales se tornan abstractos y complejos; a la alta abstracción que presenta su simbología; a los errores conceptuales frecuentes en la descripción macroscópica de la materia acerca de conceptos claves; y, al dominio básico de la terminología propia del área (Vallejo, 2017; Muñoz et al. 2018 y Velázquez, 2018).

Así mismo, estos obstáculos se atribuyen a que la enseñanza tradicional no tiene en cuenta que ellos adquieren, en primer lugar, definiciones operacionales, entrando directamente a lo submicroscópico, creyendo ingenuamente que estas explicaciones se asociarán fácilmente con los referentes macroscópicos supuestamente ya conocidos, sin tener en cuenta la compleja simbología y terminología que se utiliza para abordar este concepto, por lo que el docente tiende a omitirlas alegando que los estudiantes no tienen la suficiente capacidad para interpretar y analizar tal fenómeno (Izquierdo, 2004). Esta omisión origina que algunos estudiantes consideren, por ejemplo, que las reacciones químicas son sólo mezclas visibles de sustancias o alteraciones superficiales en el aspecto, sin tener en cuenta que detrás de estos fenómenos se producen cambios profundos a nivel molecular. Por lo tanto, surgen concepciones alternativas que obstaculizan la comprensión de los procesos químicos y limitan su habilidad para interpretar fenómenos diarios desde un punto de vista científico.

Una revisión de la literatura científica sobre la temática de la presente investigación revela que son escasos los estudios en cuanto a las representaciones (ideas previas, concepciones...) que poseen los estudiantes acerca del concepto “reacción química” y estrategias didácticas para su transformación o cambio (Romero et al, 2018; Gómez, 2018; Muñoz et al. 2018; Mercado y Gómez, 2019; Reyes et al, 2021. y Candela, 2021;). Esto hace que la producción investigativa cobre mayor interés en este campo, permitiendo profundizar en las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje del concepto “reacción química” y la importancia de acudir al desarrollo de estrategias didácticas al momento de abordar la enseñanza de conceptos científicos, como alternativas pedagógicas que permitan promover el aprendizaje profundo, como lo afirma White (1999).

Consecuentemente, todos estos aspectos abren la discusión desde el aprendizaje profundo, el cual se vincula con un nivel de comprensión más elaborado con conexiones significativas entre contenidos, promoviendo el aprender a aprender, que le permita al estudiante autorregularse y sustentar sus propias ideas, que no lleven a la simple reproducción de contenidos. Partiendo de esta necesidad de profundizar en la comprensión y en la articulación de representaciones, se planteó el siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es la incidencia de las representaciones semióticas en el aprendizaje profundo del concepto “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca, La Guajira?

Esta investigación se desarrolló con el objetivo principal de analizar la incidencia de las representaciones semióticas en el aprendizaje profundo del concepto “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca, La Guajira. A partir de este objetivo, se formularon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre el concepto “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca, La Guajira.
- Analizar la relación entre el uso de representaciones semióticas y el desarrollo de procesos argumentativos en el aprendizaje profundo del concepto de “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca, La Guajira.
- Interpretar las transformaciones en el uso de las representaciones semióticas desde los diferentes niveles representacionales de la química del concepto “reacción química” en contextos educativos del municipio de Fonseca, La Guajira.

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta las características de la presente investigación, el problema planteado y los objetivos propuestos, el enfoque metodológico empleado fue de tipo mixto el cual recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, fundamentado en la literatura de Bisquerra (2009) y Hernández et al (2010), pretendiendo potenciar el desarrollo del conocimiento, la construcción de teoría y la resolución de problemas. Por su parte, el diseño, se enmarcó en un diseño secuencial explicativo (DEXPLIS), el cual implicó la recopilación y el análisis de datos cuantitativos, seguido de la recopilación y el análisis de datos cualitativos, lo cual permitió una progresión lógica y una ampliación de la comprensión a medida que se avanza en el estudio. Es decir, primero se recopilaron datos cuantitativos para obtener una visión general del fenómeno, y posteriormente se realizó un análisis cualitativo para explicar en profundidad los resultados.

Así mismo, la investigación tiene un enfoque explicativo, y su objetivo es encontrar y entender las causas y los efectos de un fenómeno, analizando a fondo las relaciones entre las variables que lo constituyen. Para el caso del presente estudio se estableció como variable dependiente el aprendizaje en profundidad del concepto “reacción química”, refiriéndose al grado de comprensión significativa, aplicada y transferible del concepto por parte de los estudiantes; y como variable independiente, se tiene el uso de las representaciones semióticas para abordar el concepto de reacción química a través del uso de los niveles representacionales microscópico, macroscópico y simbólico de la química.

Para analizar la relación entre estas variables y determinar el impacto de las representaciones en el aprendizaje profundo, el estudio se llevó a cabo con diecinueve estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria de Fonseca (La Guajira), con edades entre 15 y 18 años, quienes constituyeron la muestra de la investigación.

Con el fin de evaluar de manera rigurosa la incidencia de las representaciones semióticas en el aprendizaje profundo del concepto de “reacción química”, se implementaron diversas técnicas e instrumentos, los cuales están explicados en detalle en la tabla 1.



Tabla 1. Técnicas e instrumentos.

Técnica	Instrumento	Forma en que se diseñará y validará
Cuestionario de preguntas abiertas	Cuestionario de preguntas abiertas y su rejilla de valoración	Fue diseñado teniendo como punto de partida preguntas validadas de pruebas estandarizadas (SABER, 11°) y de la investigación de Muñoz et al. (2015), dichas preguntas fueron adaptadas al contexto institucional. La validación, se realizó enviando el instrumento a consideración de tres expertos externos.
Entrevista	Entrevista semiestructurada/ instrumento auxiliar	Se diseñó como instrumento auxiliar para profundizar las respuestas dadas por los estudiantes en el cuestionario. Fue validada por tres expertos externos.

Nota. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación y su forma de validación. Fuente: autoría propia.

A partir de la información recogida mediante estos instrumentos, se procedió al análisis de los datos en varias etapas complementarias. En un primer momento, para el proceso y consolidación de los datos cuantitativos, se llevó a cabo una organización sistemática de las respuestas obtenidas del cuestionario, clasificándolas en niveles de desempeño comunes que permitieran identificar patrones, tendencias y niveles de frecuencia en las respuestas entregadas. Esta fase fue fundamental para estructurar una base sólida de análisis que permitiera extraer conclusiones relevantes en relación con los objetivos de la investigación.

Para el segundo análisis, el cualitativo, la información que fue recolectada por medio de entrevistas semi-estructuradas permitieron obtener una aproximación a las percepciones, experiencias y conocimientos previos de los estudiantes respecto al concepto “reacción química”; profundizando en los cambios, reflexiones y aprendizajes adquiridos, brindando así una visión más completa y dinámica del fenómeno investigado.

Posteriormente, se hizo una organización, reducción y triangulación de la información con el fin de modelizar el aprendizaje profundo a partir del uso de representaciones semióticas de los estudiantes en cada uno de los niveles de desempeño (alto, medio y bajo) así, para ejemplificar los niveles en los que se ubican los estudiantes se usaron las siguientes convenciones a manera de ejemplo: E01-NA (estudiante 01 – nivel alto), E02- NM (estudiante 02 – nivel medio) y E03-NB (estudiante 03 – nivel bajo), teniendo en cuenta los criterios que se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de uso de representaciones semióticas.

Nivel	Puntaje obtenido	Características
Alto	19 - 26	Los estudiantes en este nivel llevan a cabo diversas representaciones consistentes del concepto de reacciones químicas, en las que se exhibe el empleo de ilustraciones, símbolos, partículas, fórmulas, ecuaciones, elementos y/o moléculas vinculadas a un modelo científico validado. Esto se realiza utilizando correctamente el lenguaje técnico, el cual emplea para examinar, entender e interpretar las situaciones propuestas, vinculando pruebas y experimentos con el saber científico para para construir las justificaciones de sus respuestas.
Medio	10 – 18	Los estudiantes en este nivel realizan algunas representaciones empleando ilustraciones, símbolos, partículas, ecuaciones, elementos y/o moléculas de los conceptos. Sin embargo, no poseen un vocabulario técnico, lo que les dificulta determinar su nivel de dominio al fundamentar sus declaraciones, basándose en pruebas, hechos o sucesos de su vida diaria.
Bajo	1 – 09	Los estudiantes en este nivel usualmente presentan una única forma de representación que incluye ilustraciones, diagramas y/o símbolos presentes en el problema relacionado con el saber común o enciclopédico, se señala la inconsistencia con la utilización de pruebas y datos obtenidos de las preguntas para respaldar sus respuestas, dado que en la mayoría de las situaciones no examinan ni entienden la situación propuesta.

Nota: Rejilla de valoración con características y rangos de puntuación para los niveles alto, medio y bajo de uso de representaciones semióticas de los estudiantes en el cuestionario. Elaborada en base a lo planteado por Johnson-Laird, (1983). Fuente: autoría propia.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis mixto que contrastó los resultados empíricos con los referentes teóricos que apoyaron la investigación desde su ámbito problémico, generando una comprensión más integral del proceso de aprendizaje, evidenciando patrones y dificultades comunes en la interpretación de los distintos registros de representación sobre las reacciones químicas.

Para garantizar que los instrumentos empleados fueran válidos y confiables, se les hizo una revisión inicial por parte de tres doctores expertos en educación, quienes evaluaron su coherencia, claridad y pertinencia. Esto permitió realizar las modificaciones requeridas para mejorar su diseño final. Después, se llevó a cabo una prueba piloto con un conjunto de estudiantes que tenían atributos semejantes a los de la muestra del estudio. Esto posibilitó la detección de potenciales ambigüedades o problemas de comprensión y la realización de las correcciones necesarias antes de su aplicación final.

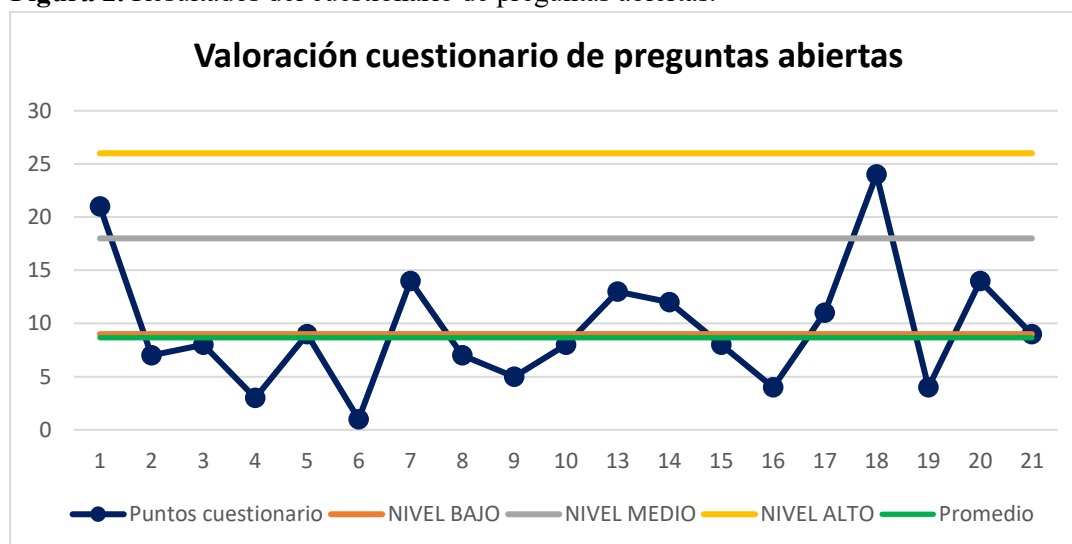


Este procedimiento garantizó que las herramientas fueran apropiadas para el contexto educativo y proporcionaran resultados confiables y consistentes para la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, en la figura 2 se muestra el promedio del desempeño de los estudiantes en relación al cuestionario de preguntas abiertas, donde se puede apreciar que la mayor parte de ellos obtuvieron un desempeño bajo en relación a la tabla de niveles de aprendizaje sobre las representaciones semióticas (ver tabla 2). Estos resultados permitieron identificar las debilidades presentadas en los diferentes niveles (macroscópico, submicroscópico y simbólico) propuestos por Johnstone (1982).

Figura 2. Resultados del cuestionario de preguntas abiertas.

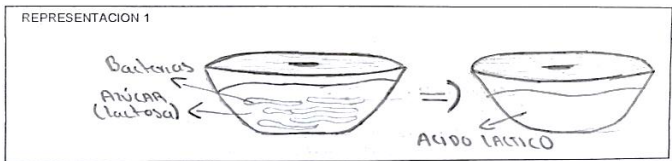
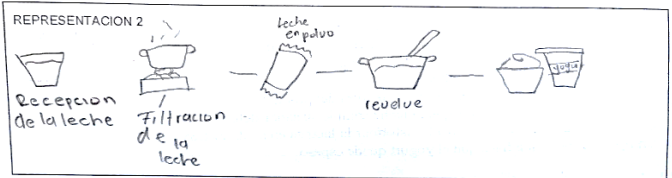
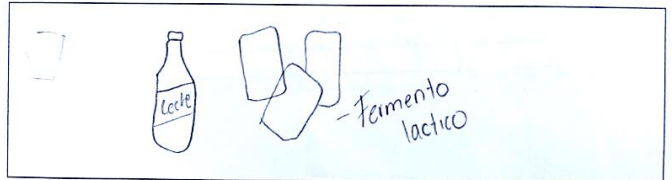


Fuente: el autor.

A partir de este análisis, se obtuvo una media de 8.66, donde 9 estudiantes que representan el 47.36% del total de la muestra presentan una puntuación por encima del promedio del grupo; mientras que el 52.6 % correspondiente a 11 estudiantes que se ubican por debajo de este valor, lo cual indica que los estudiantes se ubican en el nivel más bajo del uso de representaciones semióticas para ésta investigación; una mediana con un valor de 8.0 que indica que la mitad del grupo está por debajo de 8 puntos y la otra mitad está por encima, siendo para éste caso muy similar al promedio; una desviación estándar de 5.29 que muestra una baja dispersión de los datos con respecto a la media, evidenciando que el uso de representaciones semióticas es muy heterogénea y un coeficiente de variación de 57.51 que lo corrobora.

Al realizar un análisis general de los datos consolidados en la figura 2, se puede concluir que el 63.15% de los estudiantes (12 alumnos), es decir la gran mayoría de los integrantes del grupo obtuvieron un nivel bajo, lo que indica que en la mayor parte de sus representaciones manifiestan poca claridad en la comprensión del concepto, observándose un tipo de representación débilmente delimitado frente al fenómeno estudiado, la mayoría de las cuales presentan elementos asociados al conocimiento común. Esto evidencia un entendimiento parcial del fenómeno químico y la importancia de fomentar estrategias pedagógicas que le posibiliten enlazar correctamente los diversos niveles de representación para lograr un aprendizaje más argumentado y profundo. Para ejemplificar se muestra E03-NB (estudiante 3 - nivel bajo).

Tabla 3. Evidencias de las representaciones utilizadas por el estudiante E-03 al resolver las preguntas del cuestionario de preguntas abiertas.

Estudiante 3 – E03	
Representaciones presentadas	Descripción
<p>Pregunta 1.1 Realiza dos representaciones de este proceso (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)</p> <p>REPRESENTACION 1</p>  <p>REPRESENTACION 2</p>  <p>Pregunta 1.3 ¿Cómo representarías los componentes que tiene el yogurt? (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)</p>  <p>Pregunta 3.2 Representa de diferente(s) forma(s) el cambio químico que ocurre en el proceso de elaboración del vino (Puedes utilizar moléculas, símbolos, ecuaciones...)</p> <p><i>*El estudiante deja el espacio en blanco.</i></p>	<p>Se observa un tipo de representación macroscópica débilmente delimitada frente al fenómeno estudiado, con ausencia de lenguaje científico; la mayoría, presentan elementos asociados al conocimiento común, evidenciando un modelo inicial ligado a sus experiencias y la forma como concibe el fenómeno estudiado.</p>

Fuente: el autor.

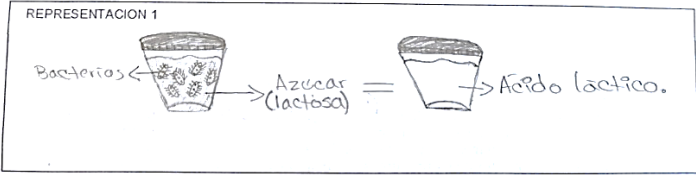
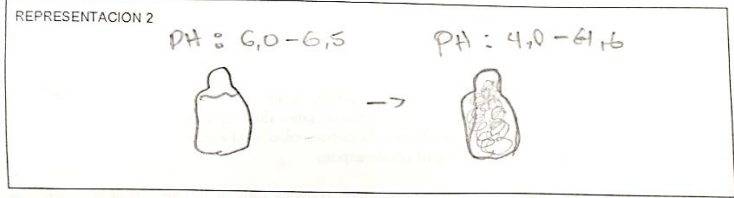

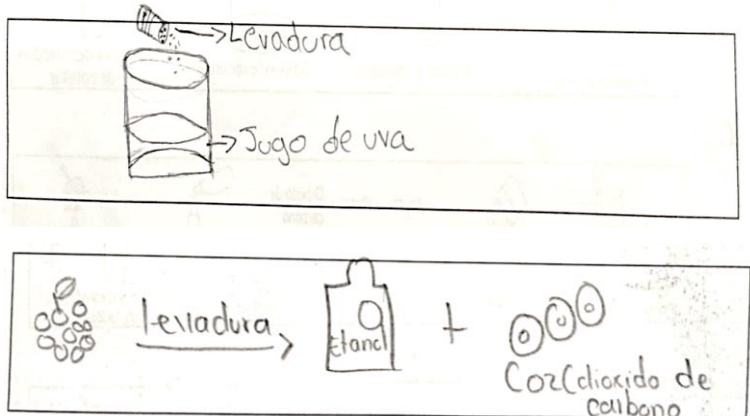
Al analizar las representaciones del estudiante E-03, se observa que predominan las representaciones macroscópicas, que se distinguen por su lenguaje simple y diario, que se aleja del lenguaje químico formal y se fundamenta en observaciones cualitativas poco estrictas. Respuestas de esta índole muestran un bajo rendimiento en el empleo de representaciones científicas, y se ajustan a la evidencia presentada por Gabel (1999), Órdenes et al. (2014), Muñoz et al. (2015) y Vallejo (2017). Esto ocurre cuando se sigue un modelo mental individual y limitado, sin mostrar un desarrollo conceptual del fenómeno de reacción química.

Asimismo, el estudiante muestra una clara falta de conciencia microscópica y simbólica al abordar el concepto de reacción química, ya que no logra establecer relaciones entre estos niveles de representación. Sus explicaciones se limitan a interpretaciones macroscópicas, con argumentos que denotan desconocimiento sobre la función de sustancias como el ácido láctico en la transformación de la leche en yogurt, evidenciando dificultades para integrar los distintos niveles de representación química.

Por otro lado, También se aprecia que el 26.31% de los estudiantes (5 alumnos) obtuvieron un nivel medio, en los cuales se evidenció el uso de algunos datos y/o pruebas al momento de plasmar sus representaciones; sin embargo, en algunas ocasiones se denota la falta de coherencia en los argumentos dados, basándose en evidencias relacionadas sólo a hechos o acontecimientos de su vida cotidiana y no al conocimiento científico escolar, haciendo poco uso del lenguaje científico. Esto permite inferir que el estudiante se encuentra en una etapa de transición conceptual, donde logra recurrir a diferentes modos de representación, pero aún carece de la capacidad para integrarlos en una explicación coherente que dé cuenta de las transformaciones químicas implicadas. Para ejemplificar lo anterior, se muestra E02-NM (estudiante 2 - nivel medio).



Tabla 4. Evidencias de las representaciones utilizadas por el estudiante E-02 al resolver las preguntas del cuestionario de preguntas abiertas.

Estudiante 2 - E02	Representaciones presentadas	Descripción
NIVEL MEDIO (NM)	Pregunta 1.1 Realiza dos representaciones de este proceso (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)	El estudiante utiliza representaciones macroscópicas, microscópicas y simbólicas asociadas al conocimiento común, evidenciando un modelo inicial ligado a sus experiencias. Hace uso del conocimiento científico escolar para plasmar representaciones; sin embargo, con esto no necesariamente está explicando el cambio químico que ocurre en los procesos representados, ya que en las representaciones plasmadas no hay interacción de los componentes ilustrados.
		
		
Pregunta 1.3 ¿Cómo representarías los componentes que tiene el yogurt? (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)		
Pregunta 3.2 Representa de diferente(s) forma(s) el cambio químico que ocurre en el proceso de elaboración del vino (Puedes utilizar moléculas, símbolos, ecuaciones...)		

Fuente: el autor.

Al analizar las representaciones del estudiante E-02, se observa que inicialmente dominan las representaciones macroscópicas, que se fundamentan en conocimientos incompletos y cotidianos. En ellas se identifican elementos como el tiempo y la temperatura durante la conversión de la leche en yogurt; no obstante, no se sabe con claridad cómo sucede la reacción química. Este patrón es congruente con los modelos detectados por Muñoz et al. (2015), que presentan un primer acercamiento a la idea a través de percepciones sensoriales como el color, el olor, el gusto y la textura, así como explicaciones biológicas que vinculan la actividad de los microorganismos con la creación de nuevas sustancias.

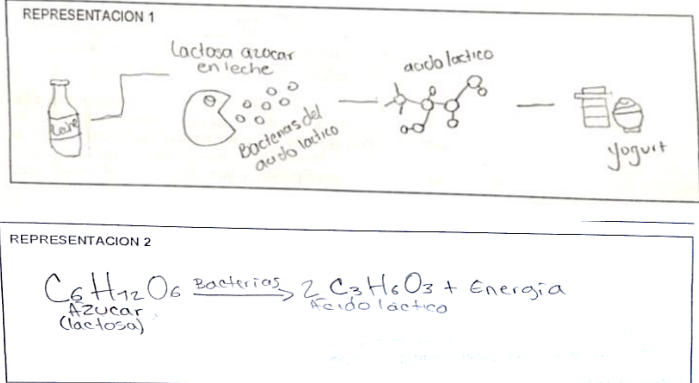
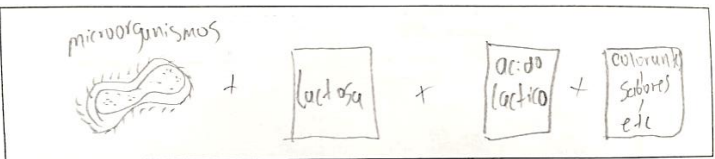
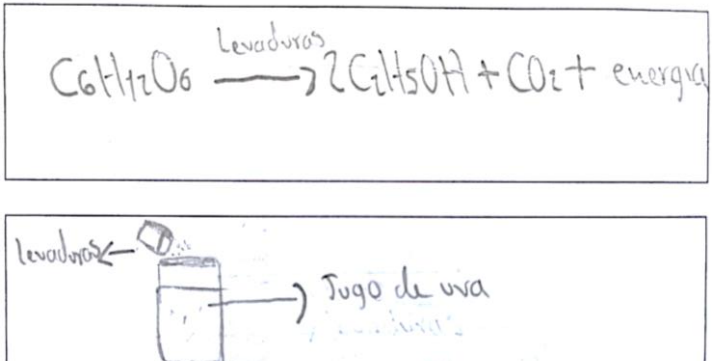
En etapas posteriores, el estudiante comienza a integrar los tres niveles de representación propuestos por Johnstone (1983), aunque aún presenta dificultades para explicar los procesos desde el nivel microscópico y simbólico, especialmente al interpretar subíndices y coeficientes estequiométricos. Esta dificultad refleja, como señalan Raviolo y Lerzo (2015), que los estudiantes enfrentan retos al transitar entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje químico formal, limitando su capacidad de comprender y comunicar con precisión los fenómenos químicos a nivel molecular y simbólico.

Así mismo, se evidencia que el 10.52% de los estudiantes (2 alumnos) obtuvieron un nivel alto, lo cual ubica a este tipo de estudiantes en la minoría del grupo, evidenciando un uso consistente de datos y pruebas al representar fenómenos químicos como la transformación de la leche en yogurt o la uva en vino, mediante el uso de dibujos, gráficos, fórmulas químicas y esquemas de partículas, integrando niveles macroscópico, microscópico y simbólico, lo que refleja un avance significativo en la comprensión del fenómeno químico ya que los estudiantes logran trascender la simple descripción macroscópica para integrar diferentes niveles de representación, lo cual constituye un indicador de aprendizaje profundo y de desarrollo de habilidades argumentativas en la construcción del conocimiento científico.

Para ejemplificar se muestra E01-NA (estudiante 1 - nivel alto).



Tabla 5. Evidencias de las representaciones utilizadas por el estudiante E-01 al resolver las preguntas del cuestionario de preguntas abiertas.

ESTUDIANTE 1 - E01	
Representaciones presentadas	Descripción
<p>Pregunta 1.1 Realiza dos representaciones de este proceso (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)</p> 	<p>Este tipo de representación está asociado al conocimiento científico escolar y deja ver el tipo de modelo mental inicial que posee el estudiante sobre el fenómeno estudiado, empleando diferentes tipos de representaciones (macroscópica,</p>
<p>Pregunta 1.3 ¿Cómo representarías los componentes que tiene el yogurt? (puedes utilizar dibujos, símbolos, graficas, esquemas...)</p> 	<p>submicroscópica y simbólica) reconociendo que hay sustancias que interactúan entre sí, teniendo claridad acerca de cómo sucede la reacción en los dos procesos ilustrados</p>
<p>Pregunta 3.2 Representa de diferente(s) forma(s) el cambio químico que ocurre en el proceso de elaboración del vino (Puedes utilizar moléculas, símbolos, ecuaciones...)</p> 	<p>(yogurt y vino).</p>

Fuente: el autor.

Al interpretar las representaciones del estudiante E-01, se encontró que en las respuestas aportadas, predominan representaciones sólidas desde los tres niveles representacionales de la química (macroscópico, microscópico y simbólico) propuestos por Johnstone (1982), ya que se evidencia el uso

de dibujos y esquemas descriptivos, así como símbolos, moléculas, formulas y ecuaciones, lo cual supone el uso de representaciones asociadas a un aprendizaje en profundidad (Tamayo, 2011), demostrando coherencia en sus argumentos, dominio, seguridad y claridad del tema.

Igualmente, los argumentos que soportan las representaciones plasmadas por el estudiante, usan datos y/o pruebas que involucran elementos conceptuales propios de una reacción química, por ejemplo, los compuestos que intervienen en un cambio químico, los representó por medio de un modelo de esferas, consiguiendo reflejarlo en su modelo mental, ya que este nivel no es observable a simple vista (Ordenes et al; 2018), y el cual también fue capaz de explicarlo utilizando formulas químicas, planteando los reactivos y productos que intervienen en la reacción química representada en relaciones estequiométricas, mostrando un avance del modelo mental al modelo conceptual (Johnson-Laird, 1983).

En síntesis, frente a las representaciones plasmadas por los tres estudiantes en el cuestionario de preguntas abiertas, se evidencia que tienen claro que hay una interacción entre las sustancias involucradas en el fenómeno utilizando como ejemplo relevante del concepto reacción química, las cual representan por lo general utilizando dibujos (representación macroscópica), pero no logran establecer en profundidad que ocurre una reacción química entre ellas, lo que les impide ahondar en el uso de representaciones desde los niveles microscópico y simbólico, lo cual implica la asignación de convenciones y símbolos para generar un modelo de esferas y para representar átomos y/o moléculas en una ecuación química (Ordenes et al; 2014). Esta limitación indica que, a pesar de que los estudiantes identifican fenómenos visibles, todavía necesitan ayuda pedagógica para progresar hacia niveles más abstractos de representación. Esto les posibilitaría entender los procesos desde un punto de vista científico más integral. Por lo tanto, para obtener una comprensión más profunda de los procesos que incluyen reacciones químicas y otros fenómenos transformadores de la materia, es importante fortalecer la conexión entre los niveles macroscópico, microscópico y simbólico en la enseñanza de la química.

A partir de la discusión de los resultados anteriores, este estudio contribuye con un enfoque científico nuevo al incorporar de manera sistemática los tres niveles de representación en la enseñanza de reacciones químicas, tratando así un tema que ha sido históricamente problemático y polémico en la educación química: la incapacidad de los alumnos para relacionar lo simbólico, microscópico y macroscópico.



Desde un punto de vista teórico, brinda nuevas oportunidades para estructurar la argumentación científica y el aprendizaje profundo; por su parte, sus aplicaciones en la práctica posibilitan crear estrategias didácticas novedosas que robustecen el razonamiento crítico y la comprensión conceptual. Su relevancia se basa en aportar directamente a la línea de investigación acerca de metodologías activas y significativas para enseñar ciencias, con el objetivo de perfeccionar la formación científica y la transmisión de saberes en variados entornos educativos.

CONCLUSIONES

En el cuestionario de preguntas aplicado para explorar saberes previos, se evidenciaron bajos niveles de uso de representaciones semióticas: el 63,15% de los estudiantes (12) se ubicaron en nivel bajo y el 26,31% (5) en nivel medio, lo cual indica que el modelo didáctico utilizado está relacionado con una comprensión superficial del concepto de "reacción química". Se destacó la representación macroscópica, fundamentada en la observación sensorial a través de gráficos, dibujos y figuras. En cambio, los niveles microscópico y simbólico demostraron mucha fragilidad, revelando problemas para entender los modelos científicos de conservación de la materia y reorganización de partículas, así como los procesos subyacentes, por lo cual se les dificulta asociar el fenómeno macroscópico con el nivel simbólico y deducir los procedimientos microscópicos implicados. Raviolo y Lerzo (2015) indican que el dominio de los procedimientos simbólicos no asegura un entendimiento profundo, porque los estudiantes no entienden las fórmulas en términos de partículas, coeficientes o subíndices. Esto limita su habilidad para describir la interacción y reorganización de las partículas en una reacción química. Así mismo, se observó que, aunque algunos estudiantes añadieron elementos argumentativos como evidencias, datos y justificaciones, no pudieron enlazarlos de forma lógica ni vincularlos con los principios científicos, utilizando explicaciones de sentido común y lenguaje cotidiano. Esto pone de manifiesto la falta de profundidad en sus argumentos y subraya la importancia de reforzar las habilidades argumentativas para promover un aprendizaje sólido de la química.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Beas, J; Santa Cruz, J; Thonsem, P. y Utreras, S. (2001). *Enseñar a pensar para aprender mejor*. Alfaomega Grupo Editor (MX).
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.



- Candela, B. (2021). El diseño y desarrollo de animaciones como estrategia que ayuda a mediar la comprensión del equilibrio químico en la escuela. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (75), 124-136. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.75.1787>
- Casado, G. y Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10, 35-43. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49909705>
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *J. Chem. Educ.*, 76(4), 548. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Hernández, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentin Chemical Society*, 92(4/6), 115-136. <http://www.scielo.org.ar/pdf/aaqa/v92n4-6/v92n4-6a13.pdf>
- Johnson- Laird, P. (1983). *La théorie des modèles mentaux*. Tardieu, H. y Cavazza, M. (Eds).
- Johnstone, A. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64 (227), 377-379.
- Johnstone, A. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed070p701>
- Mercado, G. y Gómez O. (2019). “Del contenido al argumento: una unidad didáctica para mejorar los niveles de argumentación a partir de la reacción química y sus múltiples representaciones”, Universidad tecnológica de Pereira, Colombia.
- Muñoz, V; Blanco, A. y Franco, A. (2015). La elaboración de yogur como contexto para el aprendizaje de la reacción química mediante modelización. *La enseñanza de las ciencias: desafíos y perspectivas*, 265-269. https://www.researchgate.net/publication/309265446_La_elaboracion_de_yogur_como_contexto_para_el_aprendizaje_de_la_reaccion_quimica_mediante_modelizacion
- Muñoz, V; Franco, A. y Blanco, Á. (2018). Modelos mentales de estudiantes de educación secundaria sobre la transformación de la leche en yogur. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2106. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3629/3851>



- Ordenes, R; Arellano, M; Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química*, 25(1), 46-55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70523-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70523-3)
- Raviolo A. y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Enseñanza de la química*, 27, 195 – 204. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>
- Reyes, F., Ruiz, B., Llano, M., Lechuga, P. y Mena, M. (2021). El aprendizaje de la reacción química: el uso de modelos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 103-122. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3229>
- Romero,J; Bonilla, G. y Álvarez, O. (2018). Las representaciones múltiples como estrategia didáctica para el fortalecimiento de la competencia argumentativa en básica secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordin). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8929>
- Tamayo, O. (2011). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 9(17), 211-233. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413835215010>
- Vallejo, W. (2017). *Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química”* [Tesis de maestría]. Repositorio-UN.
- Velásquez, A. (2018). “Niveles argumentativos y representaciones de los estudiantes sobre disoluciones químicas”, Universidad Autónoma de Manizales.
- White, R. (1999). Condiciones para un aprendizaje de calidad en la enseñanza de las ciencias. Reflexiones a partir del proyecto PEE. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 3-15, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21556>

